
This is the **published version** of the article:

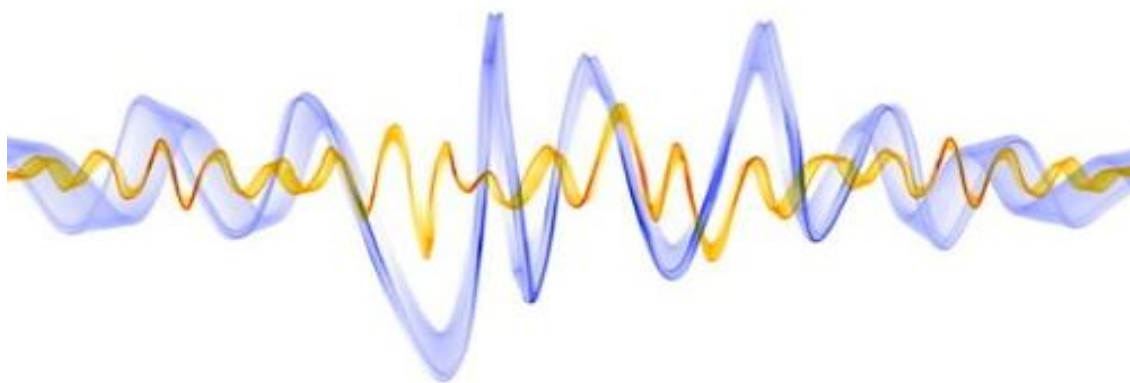
Porcuna Pocurull, Helena; Domènech Casal, Jordi. Anàlisi de les progressions d'aprenentatge del model so en base a les descripcions de l'alumnat. 2019. 44 p.

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/211100>

under the terms of the  license

TREBALL DE FI DE MÀSTER

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE A LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT



Helena Porcuna Pocurull

Tutor: Jordi Domènech-Casal

5 de juny 2019

Màster de formació de professorat de secundària

Especialitat física i química

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

En primer lloc, m'agradaria agrair a l'Institut Marta Estrada per acollir-nos amb els braços oberts i fomentar el nostra aprenentatge així com els meus alumnes, per la seva acollida i proximitat que m'han ajudat a adquirir confiança.

En segon lloc, agrair als meus tutors, en Jordi i en Jesús, per ensenyar-me a com es gaudeix ensenyant, però també aprenent al mateix temps, i fer d'aquesta primera posada en escena com a professora una experiència molt enriquidora i significativa, la qual m'enduc un gran aprenentatge, més confiança en mi mateixa i dos nous companys de professió.

Finalment, als meus companys de viatge. A la Paula de Scheemaeker per les nombroses hores de feina i el bon treball en equip, i a l'Andrea, en Guillem, en Marc i en Pol per acompanyar-me i compartir l'experiència.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
2. JUSTIFICACIÓ DE LA TEMÀTICA	4
3. MARC CONCEPTUAL	5
3.1. Modelització com a metodologia d'ensenyament i progressions d'aprenentatge....	5
3.2. L'ensenyament del so	8
3.2.1. Idees clau.....	8
3.2.2. Idees prèvies i dificultats en l'aprenentatge	10
4. METODOLOGIA	12
4.1. Context.....	12
4.1.1. Descripció del centre i del grup classe	12
4.1.2. Seqüència de l'activitat	13
4.2. Recollida de dades	16
4.3. Tractament de dades	16
5. RESULTATS	18
6. DISCUSSIÓ	21
6.1. Concepcions inicials de l'alumnat en relació al so	21
6.2. Canvis en les representacions de l'alumnat en relació al so.....	21
6.3. Concepcions resistents al canvi.....	23
6.4. Limitacions de l'estudi	23
7. CONCLUSIONS.....	24
8. BIBLIOGRAFIA	26
9. ANNEXOS	28
Annex 1: Pre-Test i Post-Test	28
Annex 2: Taula resum de les representacions dels alumnes a la pregunta “Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles?”.	32

1. INTRODUCCIÓ

Els alumnes tendeixen a materialitzar els fenòmens naturals els quals no poden veure directament i tenen un fonament teòric abstracte (Reiner *et al.*, 2000). Per aquesta raó, és interessant el procés d'aprenentatge del primer contacte dels alumnes amb aquests fenòmens més abstractes.

El model d'ona i so, s'inicia a segon d'ESO per després reprendre'l a quart, tal i com ho marca el currículum científicotècnic. És per aquest motiu, que una bona estructuració de les idees clau a segon d'ESO permetrà la construcció del model complet a quart d'ESO i evitarà l'evolució de les idees alternatives que porten els alumnes, fruit de les seves experiències relacionades amb el so.

En aquest estudi s'ha volgut analitzar la progressió en l'aprenentatge del concepte so a través dels conceptes naturalesa i propagació del so a partir de la implementació d'una Unitat Didàctica (UD). El treball s'ha realitzat amb les dades extretes de dues activitats de la UD implementada al curs de segon d'ESO de l'Institut Marta Estrada.

Les activitats de recollida de dades han estat dissenyades per tal de que els alumnes descrivissin els conceptes que tenen sobre naturalesa, transmissió i interacció del so amb l'entorn a partir d'una pregunta. Les representacions extretes han permès tractar les idees prèvies de l'alumnat, les progressió d'aprenentatge i les trajectòries, com s'explicarà més endavant en el marc teòric.

En el següent apartat es justifica la importància de la temàtica adoptada, es presenten les preguntes de recerca i s'identifiquen els objectius del treball. Seguidament es desenvolupa la base teòrica present en aquest treball. La descripció del context en què es desenvolupa la UD, la metodologia i processament de dades s'inclou en l'apartat de metodologia. Finalment, es presenten els resultats obtinguts i la posterior discussió per acabar amb les conclusions del treball en relació a les preguntes de recerca i als objectius plantejats. Així mateix, s'indiquen les limitacions de l'estudi i es recullen propostes de millora en base als resultats obtinguts.

Els resultats obtinguts durant l'estudi permet confirmar la presència d'algunes de les concepcions prèvies descrites a la bibliografia, així com observar una progressió en les idees clau sobre del model.

2. JUSTIFICACIÓ DE LA TEMÀTICA

Quan parlem de so en l'educació secundària, parlem d'un dels atributs de l'ésser humà i de molts altres éssers vius que permeten la comunicació, la creació d'expressions artístiques o alterar el benestar socioambiental (Perales, 2003), així doncs existeix un ampli ventall de fenòmens i contextos en els quals els nostres alumnes han viscut alguna experiència relacionada amb ell. A més, la acústica adopta una importància més decisiva en el món social, ja que influeix en aspectes essencials de qualitat de vida, en la cultura musical i inclús en el coneixement fisiològic del nostre propi cos (Saura i De Pro, 1999).

El so apareix en el currículum oficial a 2n i a 4t d'ESO dins el model energia, ja que suposa una exemplificació del moviment ondulatori, junt amb el moviment de partícules constituint així la base de la transferència d'energia en física. Tot i així, quan s'arriba a les aules s'observa com queda en segon pla i, en molts dels casos, fins a 4t d'ESO no s'aborda aquesta temàtica. D'aquesta manera cal reivindicar un paper més significatiu a l'aula, ja que la seva inserció com a contingut educatiu hauria de poder aventurar als alumnes a comprendre millor la seva manifestació i fer un ús d'aquest més acord amb les seves necessitats i possibilitats, en harmonia amb l'entorn (Perales, 2003).

Per altra banda, les dificultats de dissenyar una seqüència didàctica contextualitzada i la intrínseca complexitat d'alguns dels conceptes del so, suposa un repte per al professorat d'avui en dia, pel que es remarca la necessitat de revisar i redissenyar el plantejament didàctic utilitzat a les aules, així com focalitzar la mirada en les concepcions inicials de l'alumnat amb la finalitat d'observar la seva trajectòria. Com més endavant s'explica en el marc teòric, l'aprenentatge dels alumnes es pot explicar en base a trajectòries d'aprenentatge individuals en el marc de les Progressions d'aprenentatge

El present treball s'emmarca en el disseny i la implementació d'una Unitat Didàctica (UD) sobre so a segon d'ESO. En aquest treball s'ha volgut treballar el progrés d'aprenentatge dels alumnes en la introducció del concepte so a través dels conceptes sobre naturalesa i propagació del so.

La finalitat del treball és analitzar l'evolució de les idees claus del so al llarg de la UD per tal d'explorar i visualitzar les progressions i trajectòries d'aprenentatge, tal i com s'explica en el marc teòric més endavant, de l'alumnat de segon d'ESO sobre el model so. Les preguntes de recerca formulades són:

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

1. Quines són les representacions inicials més poblades en aquest àmbit?
2. Quines són les trajectòries d'aprenentatge?
3. Existeixen concepcions resistents al canvi? Quines són les dificultats en el canvi de concepcions?

Per cadascuna de les preguntes s'ha formulat un objectiu de recerca específic:

1. Identificar les representacions inicials de l'alumnat.
2. Caracteritzar itineraris d'aprenentatge: identificar les rutes de canvi en les progressions d'aprenentatge.
3. Identificar dificultats en els canvis de concepcions, quines presenten un major progrés i quines són més resistents.

3. MARC CONCEPTUAL

3.1. Modelització com a metodologia d'ensenyament i progressions d'aprenentatge

Tant en l'àmbit de la naturalesa de la ciència com en el de didàctica de les ciències ha estat reconegut el fet de considerar la modelització com un procés clau en l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències (Garrido, 2016). Per altra banda, es destaca la importància de l'aprenentatge basat en models científics (Couso, 2014) que permetin als alumnes donar una explicació als fenòmens naturals, en comptes d'ensenyar continguts de manera descontextualitzada per a ells. És en aquest sentit, on la pràctica de modelització pren rellevància com a procés clau en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències (Garrido i Couso, 2017).

Entenem la modelització com a procés on es van construint models més sofisticats a mesura que els nostres alumnes interactuen amb els objectes i fenòmens, i els interrelacionen amb les pròpies idees prèvies i amb d'altres idees dels membres del grup classe, utilitzant diferents models comunicatius. Així doncs, la modelització a l'aula es desenvolupa fent, pensant i comunicant (Izquierdo, 2014) i implica que els alumnes participin activament d'una pràctica de construcció de models mentre es desenvolupa un raonament i discurs científic (Solé, Hernández i Márquez, 2019).

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

En aquest sentit, la modelització passa a ser un objectiu d'aprenentatge on mitjançant la generació, l'avaluació i la modificació del model, la connexió del món real i les teories o models, els alumnes evolucionen les seves concepcions cap a una versió més d'acord amb el model científic (Figura 1).

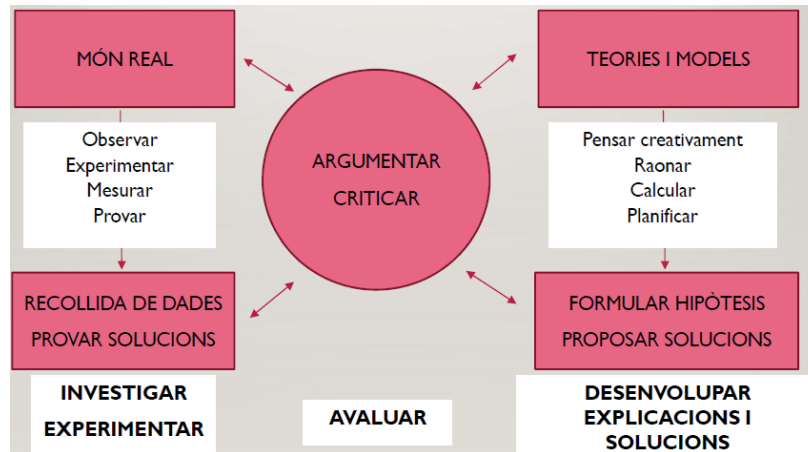


Figura 1: Model d'una activitat científica. Extret de "Teaching scientific practices: meeting the challenge", Osborne, J., 2014, *Journal of Science Teacher Education*, 25 (2), 177-196.

Aquesta evolució de les concepcions dels alumnes es donen de manera progressiva, pel que la didàctica de la ciència intenta definir aquest camins d'aprenentatge (trajectòries) que es poden donar al llarg de l'escolarització de l'alumne, a través del que s'anomena progressions d'aprenentatge (*Learning Progressions*). Tal i com ho defineixen el marc de la National Research Council (NRC) dels EEUU:

Les progressions d'aprenentatge són descripcions successives més sofisticades dins un domini de contingut, que poden anar una darrera l'altra a mesura que els alumnes investiguen un tema al llarg d'un ampli període de temps. (NRC, 2007, p. 214)

Segons diversos autors (Duschl *et al.* 2011; NRC, 2007; Garrido, 2016) les progressions d'aprenentatge són una eina útil per guiar el disseny de les seqüències didàctiques i facilitar l'avaluació. Per una banda, permeten identificar i establir diferents fases de les seqüències així com identificar l'ordre lògic d'aquestes ja que focalitzen el pla d'estudis sobre ciències en un conjunt més petit d'idees centrals i, per tant, proporcionen una millor alineació entre el currículum, la instrucció i l'avaluació (Duncan i Hmelo-Silver, 2009 citat a Zabel i Gropengieser, 2011), i per altre, ajuden a identificar el grau de coneixement de l'alumne i permeten mesurar-ho en diferents moments determinats (Duschl *et al.*, 2011).

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Tot i que es defineix que les progressions d'aprenentatge es donen en un període llarg de temps, també es poden descriure les progressions d'aprenentatge que es donen en un curt període de temps, com per exemple, durant una unitat didàctica. Així doncs, les progressions d'aprenentatge (nivells de sofisticació) passen a ser una eina útil per identificar les trajectòries d'aprenentatge, és a dir, per descriure i identificar com progressa i madura l'alumne en quan a la comprensió d'una idea clau sobre el model el qual es vol treballar. Notis la diferència, subtil però rellevant, entre les progressions d'aprenentatge, que són els nivells de sofisticació que s'estableixen per a una idea o model, i les trajectòries d'aprenentatge, que representen el recorregut que fa l'alumnat a través d'aquests nivells. Per tant, les trajectòries són models hipotètics d'aprenentatge al llarg del temps que es poden utilitzar per fer un seguiment del progrés dels estudiants (Zabel i Gropengiesser, 2011).

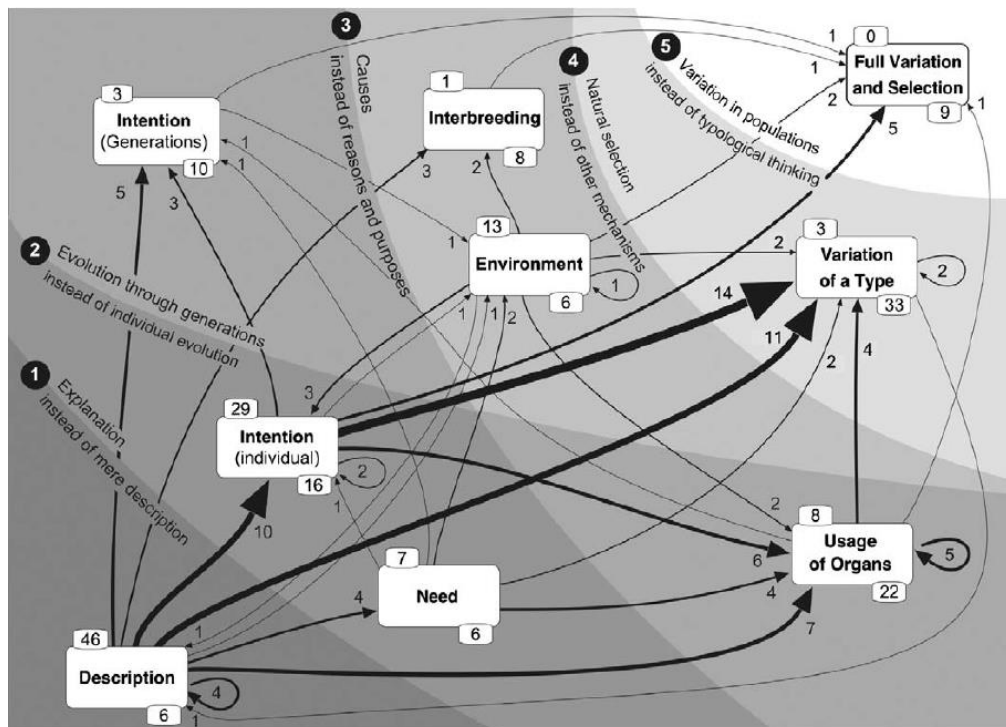


Figura 2: Progressions d'aprenentatge en la unitat didàctica sobre evolució. Extret de "Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape?", de Zabel, J. i Gropengiesser, H., 2011, *Journal of Biological Education*, 45(3), pp. 143-149.

Zabel i Gropengiesser proposen analitzar les progressions de manera més amplia, ja que identificant les trajectòries individuals de cada estudiant a través de la progressió, es pot observar com es van desenvolupant la majoria dels estudiants, i per tant, donen pistes per una revisió continuada de la seqüència didàctica i dels mètodes d'ensenyament. A diferència dels models lineals d'aprenentatge, la representació espacial, basada en categories conceptuais

específiques del contingut, sembla permetre una visió més detallada del procés de construcció conceptual i de l'efecte de la instrucció a l'aula basat en dades empíriques (Figura 2).

3.2. L'ensenyament del so

3.2.1. Idees clau

Al currículum oficial de ciències de secundària, es troba present l'estudi del so a segon i a quart de l'ESO dins el model energia i el model ones mecàniques i electromagnètiques. Per una banda, a segon d'ESO els continguts a treballar són la transferència i la propagació d'energia en forma de llum i so i les possibles aplicacions a la vida quotidiana, mentre que a quart d'ESO els continguts a treballar són la descripció del so com a exemple d'ona mecànica, els fenòmens i aparells relacionats, així com també problemes i conseqüències ambientals associats al so.

Pel que fa al so, les idees clau són (Figura 3) (Driver *et al.*, 1985):

- **Producció del so:**
 - Originat per **vibració** d'objectes amb un cert grau d'elasticitat.
- **Propagació del so:**
 - Necessitat de **medi** per propagar-se, no pot viatjar pel buit.
 - El so es propaga mitjançant **ones** ja que es tracta de la propagació d'una pertorbació d'una propietat del medi (pressió), transferint energia però no matèria. So com a procés, no com a entitat o substància formada per partícules.
 - **Velocitat de propagació** del so finita, que depèn de les propietats (inercials i elàstiques) del medi pel qual es propaga (com el medi transmet la vibració).
- **Característiques del so:**
 - Les ones es caracteritzen per la seva freqüència ("rapidesa de vibració" de l'ona) i longitud d'ona ("mida" de l'ona). La velocitat de propagació de l'ona és la relació entre les dues (freqüència per longitud d'ona).
 - El so es pot descriure segons el seu to (greu/agut), intensitat (fort/fluix) i timbre.
 - El **to** depèn essencialment de com de ràpid vibra la font sonora (**freqüència**) .
 - El **nivell d'intensitat sonora** (dB) depèn de com d'àmplia és la vibració de la font sonora (**amplitud**, m).
 - El **timbre** d'un so depèn de les **freqüències secundàries** o harmònics que formen el so.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

- **Interacció so amb objectes:**

- Quan el so arriba a una interfície entre dos medis, l'energia de l'ona sonora pot ser transmesa, absorbida o reflectida. Direm que un so s'ha **atenuat** en travessar un objecte quan part de l'energia es **reflecteix** i part **s'absorbeix**.
- La proporció d'energia reflectida, absorbida i transmesa depèn de certes propietats dels materials (densitat, elasticitat i porositat), de les característiques de la superfície del material i de la freqüència del so.
- Segons el comportament acústic dels materials, podem trobar materials reflectors o absorbents acústics

- **Recepció del so**

- Els sons es senten quan arriben a les nostres **orelles** i fan vibrar el timpà (i altres parts de l'oïda). Les vibracions són detectades per terminals nerviosos transmetent impulsos elèctrics al cervell, que interpreta el so.
- L'oïda humana només detecta un cert **rang de freqüències** (20 Hz – 20000 Hz)
- Els **defectes auditius** es deuen a lesions al timpà o algun altre òrgan auditiu i poden ser causats per una exposició prolongada a sons d'intensitat elevada.



Figura 3: Mapa conceptuals de les idees clau del so. Basat en "Children's Ideas in Science", de Driver, R., Guesne, E. i Tiberghien, A., 1985, (pp. 291-304). Milton Keynes: Open University Press.

3.2.2. Idees prèvies i dificultats en l'aprenentatge

Quan s'aborda l'estudi del so, hi ha una sèrie de dificultats en el seu aprenentatge i integració per part dels alumnes, els quals s'han de tenir en compte a l'hora de dissenyar una seqüència didàctica. A l'hora cal ser conscient de que els estudiants porten amb ells un conjunt de concepcions prèvies producte de les seves experiències relacionades amb les ones i el so (quan toquen instruments, quan llencen pedres a l'aigua, quan produeixen ones amb les cordes, etc.) (Saura i De Pro, 2009) que poden facilitar la progressió en l'aprenentatge de l'alumne o per contra, ser una concepció resistent al canvi. Diversos estudis han analitzat les concepcions prèvies més comunes sobre el so en diferents nivells educatius:

Driver *et al.* (1985) recullen les principals concepcions segons els diferents conceptes a tractar del so:

- Pel que fa a la producció del so els estudiants es troben en tres grups diferents: aquells que involucren atributs físics al so, aquells que ho atribueixen a una acció humana o ho consideren com a part de l'instrument i els que involucren vibracions en la transmissió del so.
- En quan a la transmissió del so, els alumnes no consideren la necessitat d'un medi per a transmetre'l. Tanmateix, aquells que consideren l'aire com una via pel so, el conceben com un espai buit pel qual viatja.
- En la percepció del so poc alumnes consideren el pas de la oïda al cervell, i la idea que la recepció del so està associada a l'orella incrementa amb l'edat. Alguns alumnes consideren un model "d'audició activa" en que s'estableix la importància de l'audició.

Linder (1992) va analitzar les dificultats dels estudiants per entendre el so i va extraure les concepcions prèvies dels alumnes així com les dificultats a l'hora d'ensenyar-lo en estudiants universitaris de física:

- És una entitat transportada per molècules, que es mouen al llarg d'un medi.
- És una entitat transferida d'una molècula a una altra a través d'un medi.
- És una substància limitada en forma d'algun patró de viatge.

Saura i De Pro (1999) van identificar les idees prèvies en estudiants de formació professional. Destaquen el desconeixement per part dels estudiants sobre el so en quan a transmissió i

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

propagació, així com la concepció esbiaixada de les ones (entre període, freqüència, longitud d'ona i amplitud).

Hrepic *et al.* (2002) va analitzar els models mentals sobre la propagació del so en estudiants de primer curs del grau de física. Aquest va identificar dos tipus de models a l'hora d'explicar el so, per una banda s'identifica el model d'ona científicament acceptat, però per l'altre apareix un model híbrid entre el model ona i les experiències viscudes pels estudiants.

En resum, aquest estudis mostren que el coneixement previ que duen els alumnes a classe de ciència tendeix a ser materialista o "basat en substàncies" degut a les pròpies experiències viscudes amb el so. Aquest fet implica que es tendeix a donar propietats i comportaments materials al so tot i ser un concepte físic abstracte, i planteja un ventall de dificultats a l'hora d'abordar l'ensenyament del so a l'aula.

Una de les majors dificultats que presenta l'ensenyament de so és la complexitat d'alguns dels seus conceptes (Perales, 2003) i les idees espontànies que els alumnes han anat alimentant degut a les seves experiències pròpies (Saura i De Pro, 1999). Aquest fet, es suma que la comprensió de certs fenòmens acústics requereix un anar i venir entre el món macro i micro, fet que requereix un pensament formal (Sharey i Adey citat a Perales, 2003).

Tanmateix, una de les dificultats presents actualment a l'aula és l'ensenyament de la física segmentada i poc contextualitzada, sense abordar la coherència de les idees clau sembla que els estudiants tinguin un coneixement de la física segmentat (Linder, 1992) tal com mencionen Saura i De Pro (1999) on molt alumnes no relacionen les qualitats del so amb les característiques de les ones. Perales (1997) proposa, en el seu estudi, la introducció del so a partir d'activitats de modelització partint del model partícula, que permetria progressivament donar una explicació i predicció del fenomen. Finalment, per treballar amb una física contextualitzada resulta interessant treballar amb eines TIC així com instruments tecnològics que permetin interpretar el seu funcionament a partir de les lleis de l'acústica.

4. METODOLOGIA

4.1. Context

4.1.1. Descripció del centre i del grup classe

La intervenció s'ha dut a terme a l'Institut Marta Estada de Granollers, institut de dues línies de segon i tercer d'ESO i tres línies a primer i quart. El centre es caracteritza per ser un institut jove que es va posar en funcionament el curs 2015/2016 i el seu model pedagògic es basa en l'aprenentatge integrat i amb sentit on presenta com a eixos en la seva acció educativa la Ciència i la Tecnologia i el treball amb metodologies actives com l'Aprenentatge Basat en Projectes (ABP). Amb aquest objectiu, trobem assignatures de creació pròpia que es donen de forma integrada, és a dir, un mateix professor/a en franges de dues hores integren més d'un àmbit.

El projecte educatiu del centre vetlla per un aprenentatge actiu i competencial, amb l'ús de noves tecnologies cada alumne disposa del seu ordinador portàtil. El centre forma part de l'Escola Nova 21 pel que els alumnes tenen la costum de treballar en grups cooperatius i seguir dinàmiques participatives.

En concret, la Unitat Didàctica s'ha realitzat amb el grup d'alumnes de 2n d'ESO (13 i 14 anys) a l'assignatura integrada de Contextos Matemàtics, exclusiva de l'institut i que engloba el currículum de Física i Matemàtiques. Aquesta unitat didàctica ha estat dissenyada i impartida conjuntament amb la companya Paula De Scheemaeker, que s'ha encarregat de realitzar les classes a 2n Èpsilon mentre que les meves han estat impartides a 2n Delta, en total doncs, 60 alumnes han realitzat la unitat didàctica.

S'observen poques diferències entre els dos grups, els quals són força heterogenis en quan a gènere i necessitats educatives especials. És destacable que en grup de 2n Delta trobem un alumne amb vetllador dins l'aula i dos alumnes que realitzen aula d'acollida en hores de l'assignatura. Per altra banda, ambdues classes es troben alumnes que formen part del projecte TAU de matemàtiques, que es basa en grups reduïts de suport.

Amb referència a les franja horària de l'assignatura, per una banda, 2n Èpsilon té les franges de primera hora del matí amb el primer pati de 30min al mig, fet que suposa un trencament de la classe, mentre que 2n Delta conta amb dues hores seguides a mig matí o a última hora, provocant una major dificultat per implicar-se en les tasques degut al cansament dels alumnes.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Per últim, respecte al grup classe 2n Delta, s'han observat que presenten una actitud desafiant envers alguns professors i la rotació del seu tutor per baixa, durant el primer trimestre, i marxa del centre, durant el segon trimestre, ha fet que durant les tutories hi hagi un reforç per part de l'equip directiu. Mencionar però, que en l'assignatura de Contextos Matemàtics no s'ha observat cap d'aquestes actituds.

4.1.2. Seqüència de l'activitat

La Unitat Didàctica (UD) "Com es propaga el so?" consta de 9 sessions de dues hores cada una, tot i que, en el centre s'ha impartit en 7 sessions de dues hores, ja que es va observar que alguna de les sessions tenien menys durada i es van poder agrupar. L'estructura de les seqüències d'aprenentatge s'ha realitzat d'acord amb el cicle de l'aprenentatge de Karplus et al. (1977) modificat per Jorba i Sanmartí (1994), el qual està compost per quatre etapes: exploració, introducció de coneixements, estructuració i aplicació.

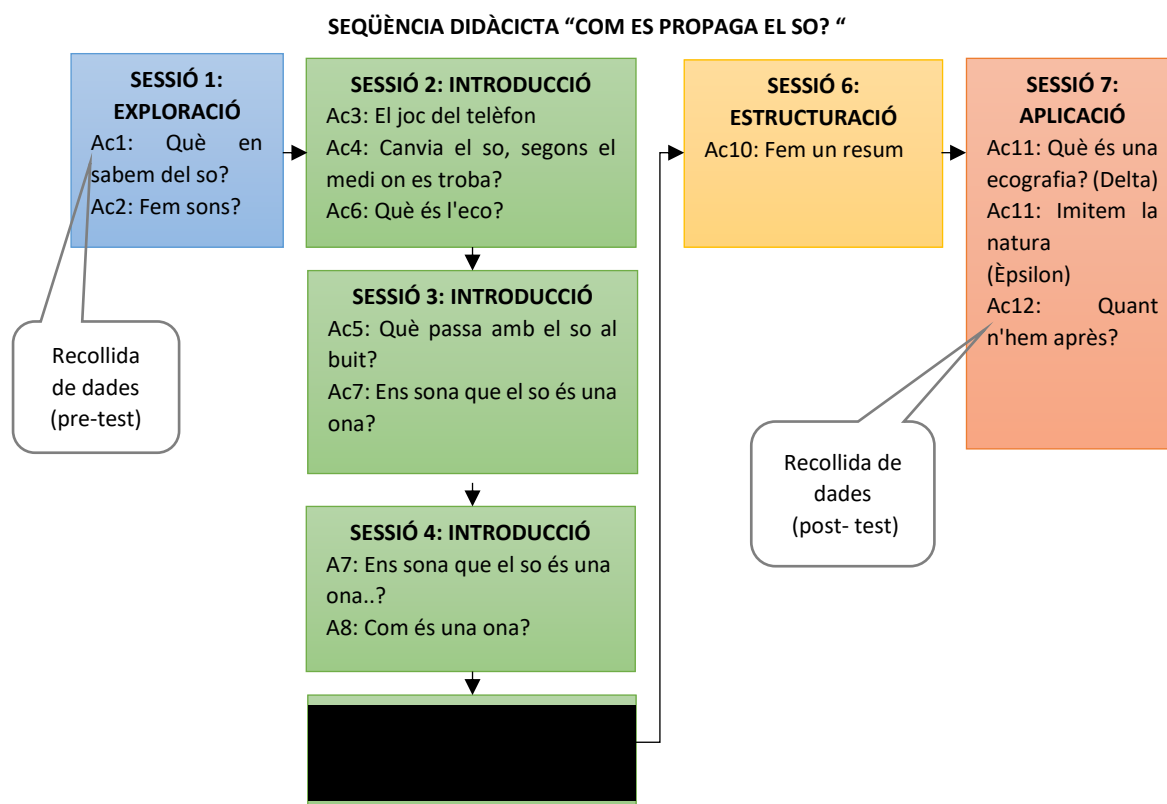


Figura 4: Representació de la seqüència en la Unitat Didàctica "Com es propaga el so?" i de les activitats (Ac) d'acord amb el cicle d'aprenentatge de Karplus et al (1977) i modificat per Jorba i Sanmartí (1994).

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

La UD busca treballar els continguts curriculars de transferència d'energia en forma de so, la propagació del so i les aplicacions que es veuen a la vida quotidiana distribuïts en diferents etapes del cicle d'aprenentatge (Figura 4).

Així, la seqüència 1 correspon amb l'etapa d'exploració, la 2, 3, 4 i 5 amb la introducció, la 6 amb estructuració i la sessió 7 correspon a l'etapa d'aplicació. Cal destacar que en les dues classes s'han produït alguns canvis en l'ordre de les sessions per causes organitzatives (hores de pati, hores reclutades per projectes, etc). La classe de 2n Delta ha seguit l'ordre de la Figura 4 tot i que la sessió 5 i 6 es van produir en la mateixa classe, ajuntant les dues sessions. Per altra banda, a la classe de 2n Èpsilon s'ha canviat la sessió 6 per la 7 degut a un solapament del pati que es requeria per realitzar l'activitat 12. Tanmateix, Èpsilon ha rebut una sessió d'introducció extra entre la sessió 2 i 3 sobre el model partícula, ja es va observar que la classe no tenia els suficients coneixements per continuar avançant en aquesta línia.

La primera sessió de la UD consisteix en una exercici d'exploració d'idees prèvies. Aquesta sessió consta de dues activitats, la primera activitat d'exploració ha servit com a recollida inicial de les dades per conèixer les idees prèvies sobre naturalesa i propagació del so, i la segona com a exploració de la generació del so. En la fase d'introducció, la qual consta de quatre sessions (Taula 1), s'ha volgut introduir observacions de certs fenòmens que permetin afegir nous conceptes augmentant així el grau de sofisticació a mesura que avancem en la UD.

Fase	Descripció	Objectius d'aprenentatge
Sessió 2	Activitats experimentals, creació d'un telèfon a partir de fil i iogurts i observació de com escoltem el so a través de diferents medis (sòlid, líquid i gasós). 2h. Grups cooperatius.	Prendre consciència de la necessitat d'un medi per a la transmissió del so. Reconèixer que el so es pot propagar per qualsevol medi (sòlid, líquid i gas, essent l'aire el medi més conegut).
Sessió 3	Realització d'un experiment a classe amb una campana de vidre i una bomba de buit. 1h. Grup classe Introducció dels tipus d'ona i experimentació amb diferents materials. 1h. Grups cooperatius.	Prendre consciència de la necessitat d'un medi per a la transmissió del so. Treballar el model ona

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Sessió 4	<p>Els alumnes experimenten amb l'eina informàtica <i>Audacity</i> per observar l'ona i modificar les seves característiques.</p> <p>Finalment, treballen amb un simulador que relaciona el model ona amb el cinetico-molecular</p> <p>2h. Grups cooperatius</p>	<p>Identificar les característiques del so (amplitud i freqüència).</p> <p>Relacionar el model d'ona amb les característiques del so.</p>
Sessió 5	<p>Els alumnes experimentem amb diferents sons (audibles i no audibles).</p> <p>1h. Grups cooperatius</p>	<p>Distingir diferents tipus de so, relacionar-los amb les freqüències i prendre consciència dels valors de rang de freqüència audibles per l'orella humana.</p> <p>Conèixer els ultrasons i identificar-los amb la seva freqüència.</p>

Taula 1: Representació de les fases d'introducció. En la primera columna, la sessió; en la segona la descripció de cada activitat; en la tercera els objectius del projecte. .

A continuació, la sessió 6 inclou la part de l'estructuració de conceptes amb la realització d'un mapa conceptual amb tot el grup classe, el qual es va complementant amb l'aportació dels diferents grups cooperatius.

Finalment, una activitat d'aplicació permet utilitzar els coneixements adquirits durant la UD per tal de comprendre alguns fenòmens de la vida quotidiana. En aquest cas, les Activitats d'Aplicació (Ac. 11) entre els dos grups classe (Delta i Èpsilon) són diferents degut als requeriments del màster a realitzar una activitat diferent en la unitat didàctica si es dissenyava de manera conjunta amb altres companys.

Aquestes s'enfoquen cap al mateix objectiu d'aprenentatge (Capacitat d'utilitzar els coneixements adquirits durant la unitat didàctica per tal de comprendre fenòmens de la vida quotidiana en base a aquests coneixements) tot i que les activitats siguin diferents. Per una banda, al grup Delta s'ha introduït conceptes sobre funcionament de les ecografies, mentre que a Èpsilon la introducció sobre els ultrasons s'ha fet a partir d'un sensor per tal de fer l'analogia amb la natura.

Per últim, l'activitat 12, es basa en la reproducció dels mateixos sons de la primera activitat d'exploració amb l'objectiu d'observar l'evolució de les idees prèvies dels alumnes. Aquesta activitat servirà com a recollida de dades per identificar les progressions d'aprenentatge dels alumnes.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Cal destacar que a cada sessió també s'ha volgut seguir un cicle tancat (exploració-experimentació-conclusió-síntesi) tot i que en les diferents sessions s'ha buscat incorporar diferents qüestions que permetin als alumnes recuperar conceptes tractats en sessions anteriors. Tanmateix, s'han anat afegint bastides orals per part del docent que permetessin la consolidació del model.

4.2. Recollida de dades

Per tal de fer la recollida de dades per realitzar l'estudi s'ha fet servir dues fitxes de treball incorporades al dossier dissenyat prèviament, que els alumnes havien de completar al llarg de cada sessió. Per diverses circumstàncies (Assistència a l'aula d'acollida o projectes globalitzats, treballs no presentats, absència a l'institut, etc.) no s'ha pogut avaluar tots els resultats, pel que es disposa d'una mostra de 49 alumnes dels 60 en total (25 alumnes del Delta i 24 Èpsilon).

D'aquesta manera trobem tres apartats en el material de l'alumne (Figura 5), el qual per l'estudi s'analitza la part escrita de la fitxa inicial i final idèntiques del dossier de l'alumne (Annex 1).

Els tests van ser realitzats per part dels alumnes abans i després de la unitat didàctica (pre-test i post-test), i constava de respondre un descripció breu en resposta a la pregunta *"Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles?"*.

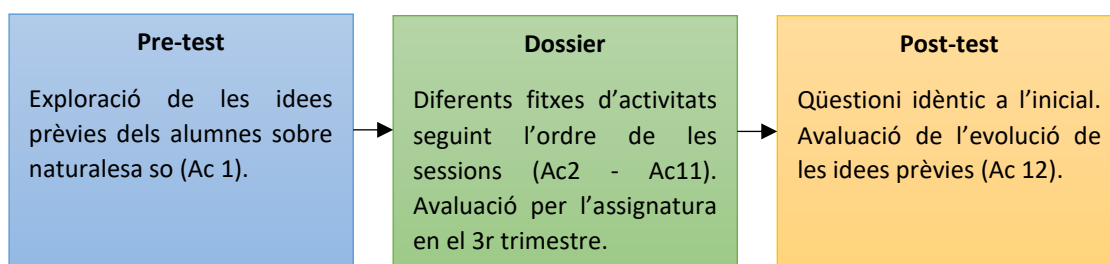


Figura 5: Representació dels documents recollits durant la Unitat Didàctica.

4.3. Tractament de dades

Per analitzar les respostes escrites de cada alumne, inicialment s'ha llegit totes les respostes de manera anònima i buidat en una base de dades. Posteriorment, s'ha categoritzat les respostes de la pregunta *"Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles?"* en diferents categories (Taula 2) a partir de les representacions sobre acústica en l'alumnat en

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

diferents nivells educatius de Perales (1997; 2003) i l'anàlisi del so en textos de secundària de Pérez *et al.* (1999).

Categories	
Origen del so	Característiques del so
Propietats del so	Interacció amb el medi
Transmissió del so	Naturalesa del so

Taula 2: Categories d'anàlisi de les respostes escrites a la pregunta "Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles?".

A partir de la bibliografia (Perales, 1997 i 2003; Pérez *et al.*, 1999) i les respostes del pre-test i post-test s'ha pogut determinar que analitzar en les diferents respostes dels alumnes, i s'han creat les diferents categories d'anàlisi. S'ha creat una base de dades (Annex 2) on s'han buidat les respostes dels alumnes i classificat segons si es complien les diferents categories de la Taula 2. En el cas de dubte sobre alguna resposta, sempre s'ha considerat que l'alumne no complia aquella categoria. Per exemple, si l'alumne menciona les característiques del so però no ho fa adequadament, aquesta categoria no s'ha comptat com a vàlida. Aquest mètode de classificació s'ha considerat tant en el pre-test com en el post-test.

Un cop creada aquesta classificació en categories, s'han ordenat segons el nivell de sofisticació del model. En la seva representació gràfica, cada nivell de sofisticació del model s'anomena "territori", i avançar d'un territori a l'altre suposa una progressió en l'aprenentatge (Figura 6).

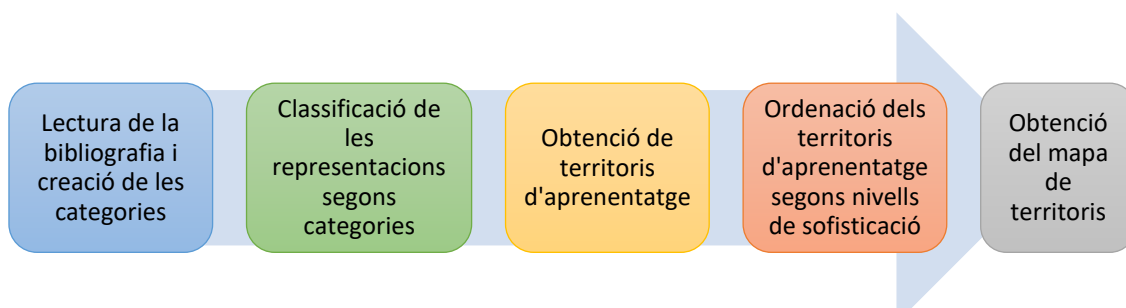


Figura 6: Representació del procediment d'anàlisi de les dades obtingudes.

Els canvis en la concepció de l'alumnat respecte el so han sigut representats com a salts entre territoris, com proposen altres autors (Figura 2, Zabel i Gropengiesser, 2011). Aquesta divisió de territoris s'ha intentat fer conjuntament amb Paula De Scheemaeker (2019), tot i que al analitzar aspectes diferents (imatge i descripció escrita), per complir els requisits del TFM on cadascú ha de fer un treball de recerca individual, aquests encreuament de territoris no s'ha pogut realitzar.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Així doncs, inicialment amb la bibliografia anomenada s'ha definit unes categories d'anàlisi per després crear uns territoris de progressió d'aprenentatge del model a partir del pre-test i post-test.

5. RESULTATS

Els resultats obtinguts (Annex 2) a partir de l'anàlisi en les categories de la Taula 2 i de les representacions dels alumnes ha permès crear uns territoris en nivells de sofisticació sobre la descripció del so (Taula 3). Un cop definits aquests nivells de sofisticació, s'ha pogut definir les fronteres entre aquests i obtenir un mapa de territoris (*Landscape*) similar a l'emprat per Zabel i Gropengiesser (2011).

Nivell de sofisticació	Exemple
Descripció de la font sonora	<i>És un tren que sona molt les vies del tren. El so m'arriba de les vies del tren (A20, pre-test).</i>
	<i>Escoltem ocells cantant i el so arriba fins a les meves orelles (A4, post-test).</i>
Menció d'alguna propietat del so	<i>Es sent a uns ocells cantar. El so és agut. Hi han petites pauses (A8, pre-test).</i>
	<i>Es un so que va variant a principi esta greu i baixa torna a pujar ràpid (A26, post-test).</i>
Menció de la necessitat d'un medi de transmissió	<i>Jo crec que so es de un tren que va molt ràpid i pot ser que arriben a la nostra orella per el volum esta molt fort i l'aire (A48, pre-test)</i>
	<i>S'escolta molt fort, el medi que utilitza és l'aire. Quan l'altaveu sona també s'escolta per la vibració que fan (A14, post-test).</i>
Descripció de la naturalesa del so	<i>El so m'arriba a través d'unes ones que arriben a l'orella. El so es d'un ocell cantant. És un so fluix i dolç. Et recorda al bosc. (A10, pre-test).</i>
	<i>Escoltem al tren per què hi ha matèria i el so viatge amb una ona longitudinal. I es fort. (A21, post-test).</i>
Descripció de les característiques del so	<i>Medi: Gasos, freqüència: alta, Amplitud: fort i fluix. És un ocell cantant, seria una ona longitudinal (A11, post-test).</i>
	<i>La amplitud augmenta quan crida i també la freqüència ja que és agut. Es so es transmet quan les partícules del medi vibren (A43, post-test).</i>

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Menció de la interacció amb el medi	<i>Doncs arriba a les nostres orelles perquè les ones s'expandeixen per tota l'aula i això fa arribar a les orelles no hi ha interacció (A15, post-test).</i>
	<i>El so es d'un ocell. El podem escoltar gràcies a la freqüència i es una ona mecànica i fa una mica d'eco (A42, post-test).</i>

Taula 3: Exemple de les representacions dels alumnes a la pregunta "Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles?".

Les representacions inicials de l'alumnat han estat col·locades en les àrees apropiades del mapa, aquest resultats es mostren a la Figura 7. El primer territori consisteix en descriure l'emissor, és a dir, la font sonora que produeix el so. Traspasar aquest significa donar una definició de com és el so i com aquest es transmet, amb la possibilitat de mencionar la necessitat d'un medi per a transmetre'l. Un altre territori que apareix és el d'explicar la naturalesa del so per passar al següent nivell on es relacionen el tipus d'ona amb les seves característiques. En els dos últims nivells, es troben les representacions on es menciona l'ona i la interacció amb el medi i, per últim, el model total que correspon a relacionar el tipus de so amb l'ona, les característiques d'aquesta i la interacció amb el medi.

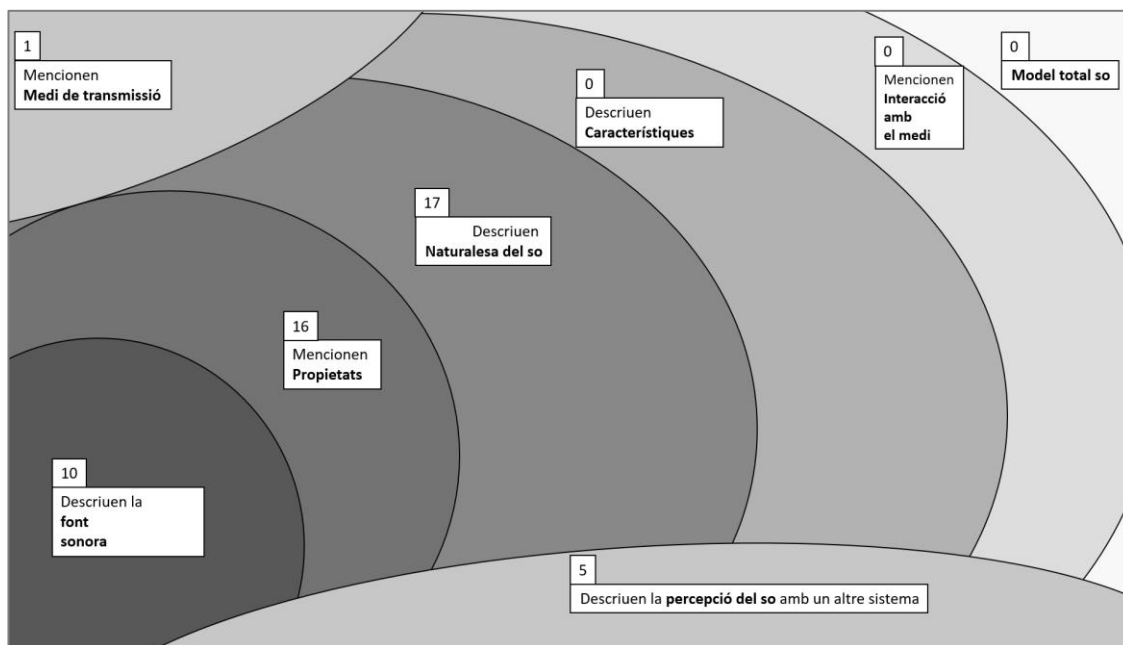


Figura 7: : Representació gràfica dels diferents nivells de sofisticació en un mapa de territoris basat l'esquema proposat per Zabel i Gropengiesser (2011). D'esquerra a dreta i de dalt a baix els diferents nivells de sofisticació del model so, tal com s'han descrit a la Taula 3. El número total d'alumnes en el pre-test es troba en el costat superior esquerra de cada territori.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

La Figura 7 mostra com els alumnes es troben repartits entre els tres primers nivells de sofisticació. Una part dels alumnes es troben en el primer nivell on descriuen la font sonora, és a dir, atribueixen el so a una part de l'instrument o a l'acció humana com mencionen altres autors (Driver *et al.*, 1985). En el segon i tercer nivell trobem la major part dels alumnes. En concret 16 alumnes es troben en el segon nivell, on descriuen el so de manera més generalitzada, mentre que 17 alumnes descriuen el so com una ona però no hi relacionen les característiques.

Per altra banda, en el nivell intermedi sobre la necessitat d'un medi de transmissió només hi trobem un alumne, degut a que la gran majoria no consideren la necessitat d'un medi per a transmetre'l (Driver *et al.*, 1985). Tanmateix, en un nivell inicial apareix un grup petit d'alumnes que parlen sobre la recepció del so. Aquests no descriuen el so en conceptes físics sinó que associen el so directament amb la seva recepció. En aquest cas, en totes les mostres d'aquest nivell, la idea de la recepció del so està associada a l'orella.

Per últim, s'observa que en els nivells superiors no hi apareix cap alumne tal i com mostren Saura i De Pro (1999) en el seu estudi, on la majoria de les concepcions relacionades amb les característiques de la ona i el model ona es troben esbiaixades, o Hrepci *et al.* (2002) on molts dels alumnes presenten models híbrids entre el model i les seves experiències.

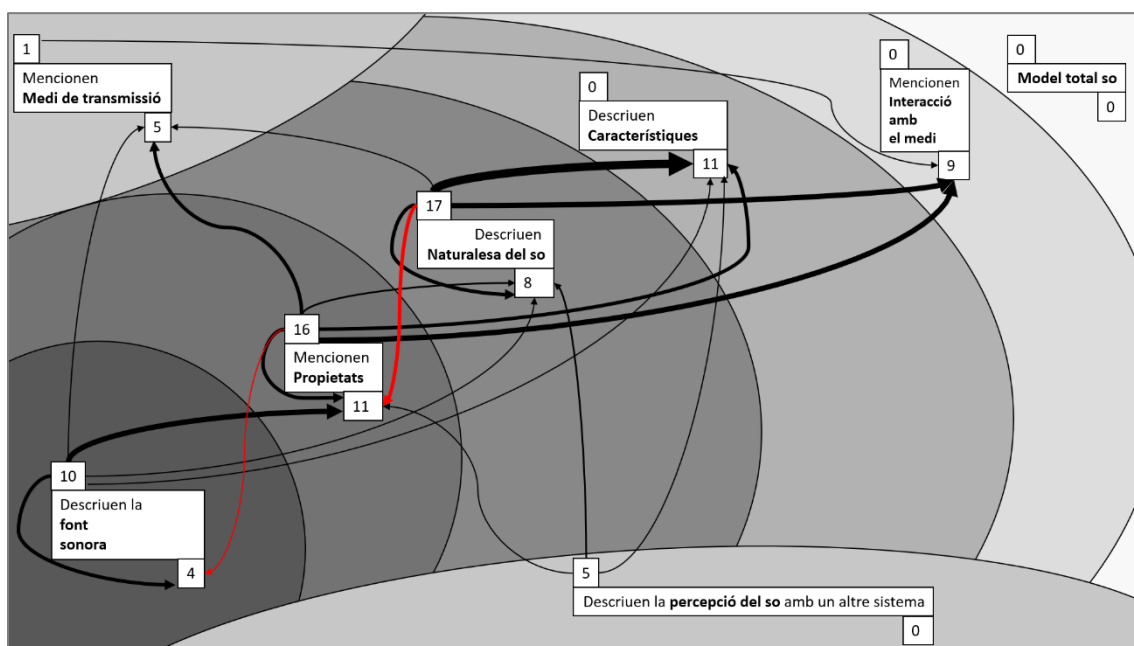


Figura 8: Representació de les progressions d'aprenentatge. Per la seva amplada, les fletxes indiquen el nombre d'alumnes que han canviat d'un territori a un altre. Les fletxes negres indiquen evolució o repetició d'un territori, mentre que les vermelles indiquen un retrocés. El número total d'alumnes en el pre-test es troba en el costat superior esquerra de cada territori, el del post-test en el costat inferior dret.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

La Figura 8 mostra l'efecte de la unitat didàctica en el paisatge d'aprenentatge. Les trajectòries d'aprenentatge indiquen un progrés real a tot el grup de la mostra, en alguns casos avançant dos nivells, tot i que en dos casos hi ha un retrocés cap a nivells de sofisticació inferiors i en tres casos es mostra repetició en el nivell.

6. DISCUSSIÓ

6.1. Concepcions inicials de l'alumnat en relació al so

Pel que fa a les representacions inicials dels alumnes, la majoria dels alumnes limita la seva descripció del so ens els primers nivells proposats (Figura 7), tal com ens indica la bibliografia on la producció del so és interpretada com a part de l'instrument o una acció humana (Driver *et al.*, 1985). Així mateix, cap alumne es troba en els territoris superiors on les representacions presenten un major nivell de sofisticació (Figura 7), pel que les representacions inicials dels alumnes es recolzen en les descrites per altres autors (Driver *et. al.*, 1985; Linder, 1992; Saura i de Pro, 1999; Hrepic, 2002).

En concret, abans de l'aplicació de la UD són habituals concepcions relatives a la font sonora (« Es un pájaro », « Tren pasando por un túnel »), tot i que hi ha una major freqüència de representacions en relació a les propietats (« Aquí el so s'escolta molt fort com greu. És un tren que va molt ràpid », « Aquest so ho escolto amb so mes fins », « A mi m'arriba no tan exagerat com el anterior però si més "heavy" que el primer ») i la naturalesa del so («Crec que és una cabra. Al principi és calmat però al final és molt sorollós. També ens arriba en forma d'ones»). Aquest fet es dona, com proposen altres autors (Saura i De Pro, 1999), a les pròpies experiències amb el so que aporten certs conceptes en els alumnes. Per contra, són menys freqüents les representacions inicials en relació a la transmissió del so i la percepció d'aquest, fet ja observat per altres autors (Driver *et al.*, 1985). Tanmateix, en relació a les característiques del so i la seva interacció amb el medi no hi apareix cap representació, tot i que altres autors mencionen que la gran majoria presenten representacions esbiaixades (Saura i de Pro, 1999; Hrepic, 2002), aquests estudis són a un nivell educatiu superior.

6.2. Canvis en les representacions de l'alumnat en relació al so.

Al comparar els resultats obtinguts per l'alumnat abans i després de la unitat didàctica, existeix una progressió en el nivell de sofisticació dels alumnes en quan a la descripció del so. Tot i que

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

algunes d'aquestes descripcions són poc elaborades, dificultat per determinar el nivell de progressions d'alguna de les concepcions del so a partir de les representacions dels alumnes.

Existeix una dissensió entre els diferents progressos, els quals depenen del nivell de sofisticació de partida de l'alumnat. S'observa que la progressió dels alumnes que parteixen d'una descripció poc elaborada situada al primer nivell, la majoria d'aquests aconseguixen progressar en el seu aprenentatge, tot i que el gruix principal d'aquest grup avança només un nivell de sofisticació. Només tres casos avancen a nivells superiors però en recorreguts diferents (Figura 8). Així doncs, els alumnes que comencen en el nivell menys sofisticat progressen, al llarg de tot la UD, un nivell de sofisticació.

En canvi, els alumnes que parteixen del segon i tercer nivell semblen adquirir una major progressió. S'observa en el segon nivell trajectòries cap a diversos territoris més sofisticats, destaca un major nombre d'alumnes cap a unes descripcions elaborades relacionades amb la interacció amb el medi (Figura 8). Pel que es dedueix que partir amb una descripció del so més elaborada i relacionada amb algunes de les seves propietats facilita la sofisticació del model so. Crida l'atenció, el fet de que un alumne reverteix cap a un nivell inferior, tot i que no s'ha pogut determinar a que és degut.

Les trajectòries en el tercer nivell semblen presentar una direcció més clara cap als dos territoris de sofisticació superiors. S'observa una trajectòria principal cap al nivell que el succeeix, on les representacions dels alumnes estan relacionades amb el model ona i les seves característiques (Figura 8). Tanmateix, no es pot afirmar que partir d'un nivell superior, en quan l'elaboració de les descripcions, sigui significatiu per arribar al més sofisticat, ja que hi arriben el mateix nombre d'alumnes partint de l'estat inferior. Destaca el fet que 3 alumnes reverteixen en el seu progrés, tot i que no s'ha pogut determinar la causa, s'hipotetitza que el tercer nivell és transitori, fet que es poden donar també retrocessos en aquest.

Així doncs, s'observa una clara trajectòria cap a nivells de sofisticació superiors tan si els alumnes parteixen d'una descripció menys elaborada, relacionada amb les propietats del so, o d'una descripció sofisticada, relacionada amb la naturalesa del so (Figura 8). Per altra banda, pel que fa als alumnes que parteixen d'una descripció relacionada amb la percepció del so a nivell biològic no sembla ser un factor limitant per avançar en els altres nivells de sofisticació, ja que s'observa com tots els alumnes presents en aquest territori avancen amb trajectòries diferents (Figura 8).

6.3. Concepcions resistents al canvi

Avaluant les trajectòries de l'alumnat es pot constatar com en els tres primers nivells es produeix una repetició, tot i que aquesta sembla ser no prou significativa com per determinar la causa, ja que en tots tres casos la majoria dels alumnes progressen cap a un nivell més sofisticat.

S'observa com l'ús característiques en la descripció augmenta, tot i que trobem també una graduació en la sofisticació de les descripcions dins aquest territori que dificulta la progressió cap a un nivell superior, ja que s'aprecia una confusió en la terminologia, com constaten altres autors (Saura i De Pro, 1999) es dona confusió entre tipus d'ona, freqüència i amplitud. Aquest fet dificulta marcar la progressió del nivell degut a que dins una mateixa resposta es troben representacions correctes i imprecises al mateix temps.

Per altra banda, cap alumne transita cap al nivell més sofisticat relacionant així les característiques del so amb el medi, ja que les concepcions imprecises en les característiques dificulten la sofisticació del model. Tanmateix, s'hipotetitza que la UD no ha treballat en direcció a la interacció del so produint un increment d'imprecisió i incitar l'estancament en aquest territori.

6.4. Limitacions de l'estudi

Al comparar els resultats obtinguts per l'alumnat abans i després de la unitat didàctica (Figura 8) s'ha pogut constatar les múltiples trajectòries dels alumnes. Tot i així, només es pot confirmar el punt de sortida i d'arribada i no els processos intermedis pels quals passa l'alumne abans d'arribar al punt final. Això dificulta la possibilitat d'identificar les concepcions més resistents al canvi ja que no es pot verificar en quin moment l'alumne ha trobat una major dificultat al llarg de la seqüència didàctica.

Coneixent els passos intermedis es podria determinar la causa del retrocés d'alguns alumnes, ja que s'observaria si en algun moment, al llarg de la UD, han avançat en quan a la sofisticació del model o detectar on han trobat alguna dificultat que els ha fet retrocedir en l'aprenentatge. Tanmateix, conèixer els passos intermedis dels alumnes ajudaria a analitzar si hi ha territoris on hi transiten tots els alumnes, i per tant, molt rellevants, o per contra, territoris no significatius per arribar al model científic. En resum, analitzar tota la trajectòria dels alumnes permetria una visió més complerta de les progressions dels alumnes permeten una millor revisió per a redissenyar futures UD.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Per altra banda, al analitzar totes les respostes de l'alumnat s'ha constatat la dificultat de categoritzar cada resposta a una escala molt petita en relació al model. Quan es categoritza les respostes dels alumnes s'assumeix que aquest presenta el model complert, és a dir, l'alumne té clares les concepcions o idees clau del model. Però cal tenir en compte que aquesta resposta és una representació del model teòric explicatiu, ja que les descripcions dels alumnes en aquell moment poden dependre d'altres factors (aula, estat d'ànim, professorat, etc.). Per tant s'hauria de tenir en compte que quan s'inclou a un estudiant a un nivell del model significa que és capaç d'utilitzar les idees per donar una explicació acord amb el model i no que l'alumne té la concepció.

7. CONCLUSIONS

De les dades extretes amb la comparació de les representacions inicials i finals, es pot afirmar com els alumnes comencen amb un nivell de sofisticació en les descripcions baix, on el so es considera un soroll que no pas una propagació de les ones. Tanmateix, amb aquest estudi es corroboren les idees alternatives dels alumnes com s'ha descrit en la discussió.

L'estudi i els resultats han permès dibuixar un mapa del paisatge conceptual, on es poden ubicar diferents processos d'aprenentatge en direcció al model total del so.

Pel que fa a les representacions finals es constata de que hi ha una evolució de les inicials en tot el grup d'alumnes, tot i que aquesta no es produeix de manera lineal. Tot i així, es pot afirmar com els alumnes que parteixen d'un nivell de sofisticació intermedi progressen cap a una representació del model més completa, mentre aquells que parteixen del primer nivell avançant lentament, fet que es pot tindre en compte a l'hora de dissenyar les nostres unitats didàctiques.

Pel que fa a les trajectòries d'aprenentatge, tot i que es tendeix a descriure el so com a un procés lineal, el paisatge de territoris i les diferents rutes dels alumnes, indiquen que hi ha un procés individual en el que alguns alumnes utilitzen tots els territoris mentre que d'altres tendeixen a seguir el seu propi camí. El mapa suggereix una progressió d'aprenentatges amb diferents trajectòries que porten cap a un mateix objectiu d'aprenentatge.

Les trajectòries d'aprenentatge indiquen com els alumnes han progressat cap una descripció en relació a la naturalesa i les característiques del so i, per tant, aporten pistes per a una revisió de la seqüència didàctica i els mètodes d'aprenentatge. Per exemple, s'observa com els conceptes

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

en relació a la interacció amb el medi no han quedat reflectits amb total claredat pel que s'intueix que la Unitat Didàctica no ha treballat cap aquesta direcció.

Tanmateix, l'anàlisi no permet verificar els punts intermedis i les concepcions més resistents degut a la metodologia d'anàlisi pre-test i post-test. L'anàlisi dels nivells intermedis dels alumnes permetrien identificar els conceptes més resistents al canvi, on cal una especial atenció a l'hora de dissenyar la UD.

En resum, la interpretació d'un mapa de territoris basat en dades empíriques permet el desenvolupament i l'avaluació constant de metodologies que permetin un desenvolupament conceptual dels alumnes.

Com a propostes de millora, es proposa separar en diferents unitats didàctiques els conceptes, per una banda la naturalesa i les característiques del so i, per l'altre, la interacció amb el medi i diferents materials ja que durant el disseny i la realització de la UD s'ha observat que són conceptes molt amplis per abastar en una única UD. D'altra banda, els resultats estan cenyits a que hi hagi alguns alumnes amb dubte pel que poden estar mal categoritzats en el mapa de territoris. D'aquesta manera es proposa una recollida de dades més detallada com ara una entrevista amb els alumnes per tal d'assegurar la seva representació.

Com a orientació a altres treballs, es proposa un estudi conjunt a l'hora d'analitzar les representacions dels alumnes, ja que aquest mostren diferents representacions al usar dibuix o text. Analitzar la imatge i la descripció de manera integrada permetria un grau de certesa a l'hora de categoritzar cada alumne en el seu territori, així com l'aparició de territoris nous els quals en les descripcions no han aparegut.

8. BIBLIOGRAFIA

Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *26EDCE. Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1-28). Huelva: Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva.

De Scheemaeker, P. (2019). *Progrés en l'aprenentatge del fenomen so i el model ona mecànica* (Treball de fi de Màster).

Driver, R., Guesne, E. i Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science* (pp. 291-304). Milton Keynes: Open University Press.

Duschl, R., Seungho, M. i Sezen-Barrie, A- (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Educations*, 47(2), 123-182.

Garrido, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica* (Tesi doctoral). Recuperat de https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2016/hdl_10803_399837/age1de1.pdf

Garrido, A. i Couso, D. (2017). La modelización en la formación inicial de maestros: ¿Qué mecanismos o estrategias la promueven? *Enseñanza de las ciencias, nº extraordinario*, 137-142.

Hrepic, Z.; Zollman, D. i Rebello, S. (2002). Identifying students models of sound propagation. *Faculty Bibliography. Paper 575*.

Izquierdo, M. (2014). Los modelos teóricos en la enseñanza de las ciencias para todos. *Bio-Grafía*, 13, 69–85.

Jorba, J. i Sanmartí, N. (1994) *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC.

Linder, C. J. (1992). Understanding sound: so what is the problem? *Physics Education*, 27, 258-264.

National Research Council (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. (pp. 213- 250). Washington, D.C: The National Academies Press.

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177 – 196.

Perales, F. J. (1997). Escuchando el sonido: Concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Enseñanza de las ciencias*, 15(2), 223-247.

Perales, F. J. (2003). El estudio del sonido en educación secundaria. *Revista Alambique*, 35, 9-16.

Pérez, J., Galotti, A., Varela, C. i Tavalera, J. A. (1999). El sonido en textos de la educación secundaria obligatoria. *La didáctica de las ciencias: Tendencias actuales*, 605-614.

Reiner, M., Siotta, J. D., Chi, M. i Resnick, L. B. (2000). Naive Physics Reasoning: A Commitment to Substance-Based Conceptions. *Cognition and Instruction*, 18(1), 1-34.

Saura, O. i De Pro, A. (1999). ¿Utilizan los alumnos esquemas conceptuales en la interpretación del sonido? *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 193-210.

Saura, O. i De Pro, A. (2009). Diseño, aplicación y evaluación del módulo “Estudio de las ondas, sonido y luz”. *Constructivismo y enseñanza de las ciencias: planificación, desarrollo y evaluación de propuestas para la educación secundaria* (pp. 235-320). Madrid: Diego Marín Librero S. L.

Solé, C., Hernández, M. I., i Márquez, C. (2019). El cicle de modelització com a eina d'anàlisi d'una unitat didàctica sobre energia. *Didacticae*, 5, 43-56.

Zabel, J. i Gropengiesser, H. (2011). Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape? *Journal of Biological Educations*, 45(3), 143-149.

9. ANNEXOS

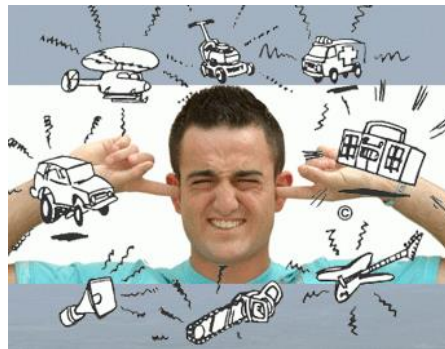
Annex 1: Pre-Test i Post-Test

PRE-TEST:

SESSIÓ 1: QUÈ EN SABEM SOBRE EL SO? COM ES PRODUEIXEN?

Activitat 1. Què en sabem del so?

- A) Escolta els diferents sons que es reproduiran a l'aula i dibuixa i descriu com viatge el so per tal de que el l'haguem pogut escoltar. Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles? Dibuixa i descriu el que penses.



SO 1:

- Dibuixa


- Descriu

SO 2:

- Dibuixa

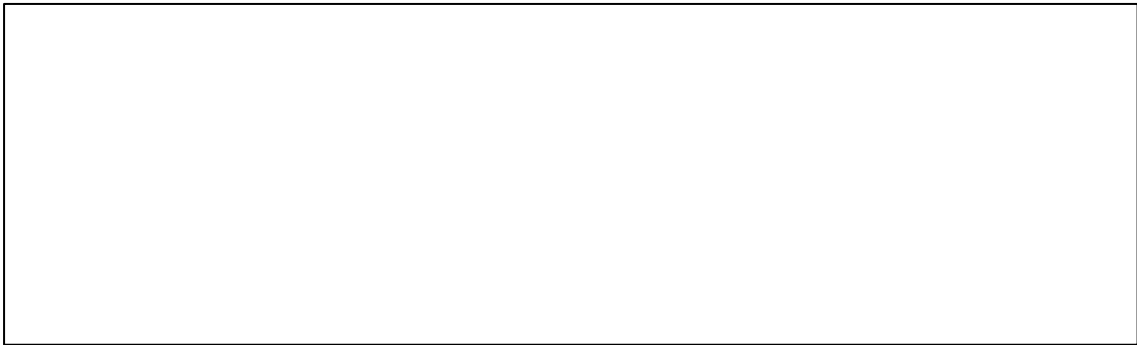
ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

- Descriu



SO 3:

- Dibuixa



- Descriu



B) En acabar, posa en comú les idees que han sorgit amb tota la classe. Anota-les a continuació:

POST-TEST:

SESSIÓ 9: ACABEM!

Activitat 12. Quant n'hem après?

Escolta els diferents sons que es reproduiran a l'aula i dibuixa i descriu com viatge el so per tal de que el l'haguem pogut escoltar. Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles? Dibuixa i descriu el que penses.



SO 1:

- Dibuixa

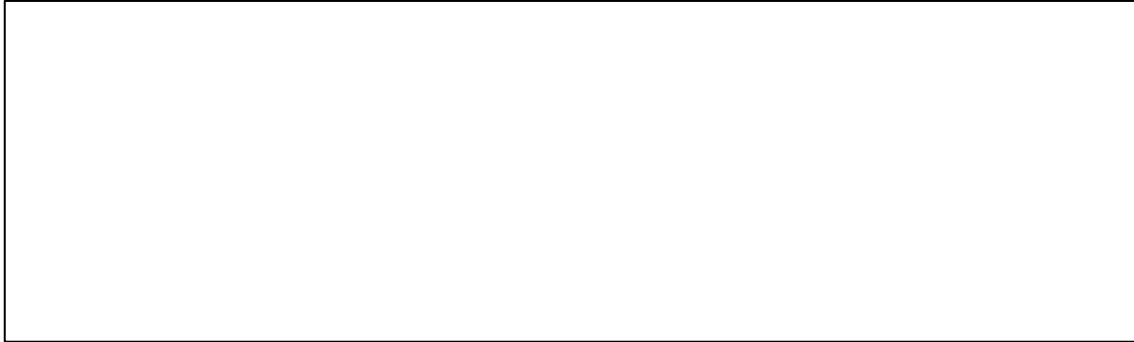
- Descriu

SO 2:

- Dibuixa

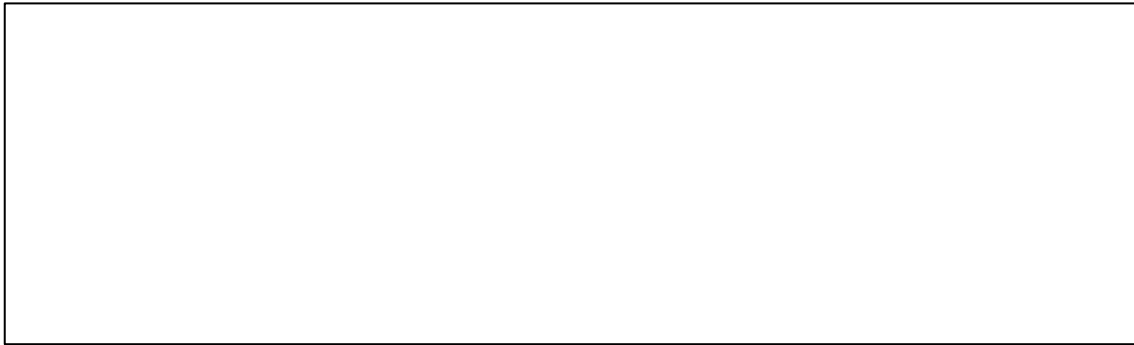
ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

- Descriu




SO 3:

- Dibuixa



- Descriu



Annex 2: Taula resum de les representacions dels alumnes a la pregunta "Com creus que arriba el so de la font sonora fins a les vostres orelles?".

Alumne / Mostra	Test	So1	So2	So3	Categories							
					Identifica la font sonora	Propietats del so	Percepció del so	Característiques dels so		Naturalesa del so	Interacció amb el medi	Model total del so
A1	PRE	És el cant d'un ocell. Per radera s'escolten més sorolls, més fluix. S'escolta un cant principal que és el més fort	Aquest so tenia més o menys la mateixa freqüència de so. Era més caòtic i fort. Ens arriba en forma d'ones	Crec que és una cabra. Al principi és calmat però al final és molt sorollós. També ens arriba en forma d'ones	Si	Si	No	No	No	Si	No	No
	POST	Es so es transmet per vibracions produïdes per l'altaveu aquestes vibracions es converteixen en so i el aire fa que es transmeti en forma d'ones fins que arriba a les teves orelles. No te gaire amplitud i la freqüència es baixa	Es transmet a través d'ones igual que el primer so. La freqüència és més alta i la amplitud també. El medi és l'aire	Es medi torna ser l'aire al principi l'amplitud es baixa però de cop puja. La freqüència no es molt alta	No	No	No	Si	Si	Si	No	No
A2	PRE	Pajaros cantando en el arbol (bosque)	Tren pasando por un túnel	Cabra gritando	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	El sonido es un sonido que se escucha muchas veces es un sonido que es tranquilo. El sonido rebota en los arboles y hace llegar el sonido a nuestros oidos	Es sonido es fuerte	-	No	Si	No	No	No	No	Si	No
A3	PRE	Jo crec que també ho capta el cervell, rep la informació després va a les orelles. El so és suau tot el rato. És un ocell petit	És un soroll molest perquè hi ha diferents sons a la vegada. Crec que rebem des de el cervell i les orelles i la mirada. És el tren arribant a la parada	El so primer és baix després, es sent un crit fa que el so sigui més fort i pugi. És un senyor que es cau del cavall.	Si	Si	Si	No	No	No	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

	POST	El so és una ona longitudinal	Aquest so es diferent perquè hi ha molts sons. Ens arriba a les nostres oïdes per la vibració	Aquest so és agut. En el principi hi ha un so molt fluix i en el final del audio és agut.	No	No	No	Si	No	Si	No	No
A4	PRE	En el so s'ha sen un ocell cantant i s'escolta fins a la meua orella	Aquest so s'escolta quan el tren pita	Hi ha una persona que s'escolta que esta cridant fort	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	Escoltem ocells cantant i el so arriba fins a les meves orelles	S'escolta com corre un tren i el so arriba a les meves orelles	S'escolta un nen esta gritant molt fort i el so s'escolta fins a les meves orelles	Si	No	No	No	No	No	No	No
A5	PRE	Jo escolto un ocell cantant hi ha molt silenci apart del ocell	Jo escoltu un soroll de un tren amb molt de soroll	Jo crec que es un noi que crida perquè s'ha caigut del cavall	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Es el so d'un ocell cantant que crea vibracions gràcies a un medi i es més agut	Es el so d'un tren que es transmet per vibracions gràcies a un medi i es bastant greu	Es el so de un crit se sent per vibracions i es bastant agut	Si	No	No	Si	Si	Si	No	No
A6	PRE	Un ocell cantant i el seu cant arriba a les nostres orelles. És agut	És un tren: s'escolta molt fort perquè està en acció	Uns animals que les seves pisades son molt fortes un noi s'asusta i crida. Com que el crit es agut	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	El so es agut, no hi ha cap interacció ja que s'escolta bé, no escolto eco, es un so longitudinal	El so es greu, no hi ha cap interacció, ja que també s'escolta bé, es un so transversal	El so es greu al principi i agut quan crida, no hi ha cap interacció ja que com els altres s'escolta bé, es un so	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No
A7	PRE	El so es d'un animal d'un ocell	El so és d'un tren i ens arriba perquè fa molt soroll	Crec que es el so d'una muntanya rusa d'un crit perquè fa molt soroll	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Perquè rebota entre les parets hi arriba a la orella	Perque rebota entre les parets hi arriba a la orella	Perque rebota entre les parets hi arriba a la orella	No	No	No	No	No	No	Si	No
A8	PRE	Es sent a uns ocells cantar. El so és agut. Hi han petites pauses	Es sent un clàxon si es sent com passa el tren	Es sent a una persona cridant. Es so és molt agut	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Mitjançant un medi gasos arriben les ones a la nostra oïda. La freqüència és alta perquè el so és agut i l'amplitud és alta	Medi: Gasós (aire), Freqüència: alta perquè el so és agut. Amplitud alta. El so és fort	Medi: Gasós (aire), Freqüència: alta perquè el so és agut. Amplitud: alta perquè el so és alt.	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

A9	PRE	El so es transmet per ones i depenen de la distància s'escolta més o menys	El so s'esta en un lloc oberta s'escampa per tot arreu i fa l'efecte de l'eco	És un crit en forma de diversió	No	No	No	No	No	Si	No	No
	POST	El so vibra amb les partícules d'aire i arriba a nosaltres gràcies al medi (l'aire) i la vibració	El so arriba per la vibració de l'aire i també perquè l'aire és un medi i com s'hi ho transportés el so	El so arriba per l'aire perquè és un medi i vibra les seves partícules	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No
A10	PRE	El so m'arriba a través d'unes ones que arriben a l'orella. El so es d'un ocell cantant. És un so fluix i dolç. Et recorda al bosc	Jo crec que se és d'un tren en marxa. És un so fort i continuat. Depèn de qui li pot ser molest. És transmet en ones	És un so que creix, bastant fort. Marriba així (dibuix d'orella i altaveu amb ona). Transmet en ones	Si	Si	No	No	No	Si	No	No
	POST	El so m'arriba a través d'unes vibracions, es necessita un medi per transmetir-les. Després l'amplitud sona més fort i més fluix. Al buit no es pot escoltar el so perquè no hi ha medi	L'amplitud és alta i es necessita un medi i en aquest cas és l'aire. És un so dins l'espectre audible.	La amplitud és alta, les vibracions m'arriben a través d'ones, la freqüència és a la velocitat de la ona va durant un segon	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No
A11	PRE	Un ocell	Es un tren	Es un animal cridant	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	Medi: Gasos, freqüència: alta, Amplitud: fort i fluix. És un ocell cantant, seria una ona longitudinal	Medi: Gasós. Freq: Baxa. Ampl: és fort. És un tren seria una ona longitudinal	Madi; Gas, Ferq: Ampl: Alta. És una cabra, seria una ona longitudinal	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	No
A12	PRE	El soroll arriba a les nostres orelles per les ondes sonores. Son ocells cantant. És un soroll suau	-	-	Si	Si	No	No	No	Si	No	No
	POST	És un so agut i fort	Es un so greu i fort	Es un so agut i fort	No	No	No	Si	No	No	No	No
A14	PRE	Es el so d'un usell que esta cantant i estan gravan la seva veu	Es un tren que esta passant i s'escolta molt fort	Es una persona que comença a cridar i cada cop s'escolta més fort	Si	Si	No	No	No	No	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

	POST	L'ocell l'estan gravant, el so passa a través dels altaveus a la nostra orella. El medi que s'esta utilitzan és l'aire	S'escolta molt fort, el medi que utilitza és l'aire. Quan l'altaveu sona també s'escolta per la vibració que fan	I aquest és el mateix que els altres, la matèria és l'aire i passa a través de l'altaveu i a la nostra oïda	No	No	No	No	Si	No	No	No
A15	PRE	Doncs que amb les onades fa arribar el so. El so es un ocell cantant	Ens arriba amb les onades fins las nostres orelles. Es so es un tren	Doncs que les onades espanseixen per tot l'espai i això fa que arribin les orelles. El so es d'un jabalí.	Si	No	No	No	No	Si	No	No
	POST	Doncs arriba a les nostres orelles perquè les ones s'expandeixen per tota l'aula i això fa arribar a les orelles no hi ha interacció	Que cada vegada canvia l'amplitud això fa que les ones surtin amb una freqüència tolerada i arriba a les orelles	Doncs les onades s'expandeixen per tota l'aula i això fa que l'escoltem tots i fa eco i rebota per tots els llocs de l'aula i rebota	No	No	No	Si	No	Si	Si	No
A16	PRE	Són ocells xiuxiueïllan	És un tren viatjan	Es un home cridan o una cabra	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	Es un so que viatja transversalment per l'aire o un medi. Es un soroll d'intensitat alta	Es un soroll estrident de intensitat baixa, va fent pujades i baixades de volum. Transversalment es transportat el so	Es un soroll que viatge longitudinalment, es de interferencia alta (sembla una cabra)	No	Si	No	No	No	No	No	No
A17	PRE	Es so al principi és més fort que al final. Com més t'acostis al altaveu més alt és	Es un soroll bastant repetitiu. Es fort i flux en alguns instants	Al principi s'escolta com un animal i després algú cridar	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	El so varia. Hi ha silencis i sons que emet l'ocell que son aguts, Amplitud es alta ja que és agut.	Es so es agut i fort així que podriem dir que té una amplitud alta. Crec que la seva freqüència es seguida	Te diferents parts, al principi no s'escolta gaires coses però després el crit es bastant fort	No	No	No	Si	No	No	No	No
A19	PRE	L'altaveu emet unes ones que viatgen per l'aire i les nostres orelles capten el so el transmet al cervell i el cervell o interpreta	es un so molt molest de manera que es molt fort fa vibrar el cos i provoca mal de cap	Sembla que estigi gent cridant a l'orella de molt aprop i pot ser raro i molesta a les orelles	No	Si	Si	No	No	Si	No	No
	POST	És un so amb silencis pero té alguns pics de so i fa la forma de les ones es irregular	És un so cantant amb alguns pics	Comença amb un so flux i després molt fort	No	Si	No	No	No	Si	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

A20	PRE	Com que estic en un parc i al costat tenim uns ocells en un arbre y estan cantan	Es un tren que sona molt les vies del tren. El so m'arriba de les vies del tren	Es com un noi se esta tiren en un tobogan i quan es llença crida per que li dona una mica de por. El so m'arriba de la platja	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	A de veure un medi (aire) perque el so arribi a l'orella	Te que estar el medi (aire)	-	No	No	No	No	Si	No	No	No
A21	PRE	Dos ocells que estan cantant	Un tren que està pujant per les vies	Una yama que esta cridant perque hi ha una nena petita	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	Ho escoltem a partir d'una ona electromagnètica amb una ona longitudinal. I no te eco perquè hi ha objectes que absorbeixen el so i es flux	Escoltem al tren perque hi ha matèria i el so viatge amb una ona longitudinal. I es fort	Es un so flux. El so viatge a les nostres oides amb una ona longitudinal	No	Si	No	No	Si	Si	Si	No
A22	PRE	Es el só d'un ocell que canta fort	Es un tren que fa soroll	Es un crit que s'escolta fort i sembla una cabra	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	És un ocell que canta amb un so agut	Tren que passa i da molt soroll quasi tot el audio	Es un crit agut i fort que fa molta gracia	Si	No	No	No	No	No	No	No
A23	PRE	Com que el so va direcció a mi passa que s'escolta alt i clar	Els altaveus manda ones que no poden veure que si escoltar-ho	Els ones revoten per les parets fins arribar a la orella	No	No	No	No	No	Si	No	No
	POST	S'escolten ocells i a vegades el so no s'escoltava i a vegades era molt greu. Les ones arriben molt ràpid a l'orella, les ones baixes i quan canta l'ocell les ones pugen molt	Es so es d'un tren i s'escolta molt fort i greu i les ones son molt grans quan fa sona el claxon, arriben les ones a l'orella	El so és un crit i s'escolta al principi baix i després fort per al crit es molt agut i les ones son molt grans quan crida, arriba més ràpid les ones a l'orella	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No
A24	PRE	És un so agut, té unes pauses per això que sembla que és una conversació	És un so agut que quan pases pel carrer dona senyal de que hi ha trafic el so és molest	és un so extrany, però sembla el tipic so que fa la gent quan te por o esta contenta	Si	Si	No	No	No	No	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

	POST	Doncs perquè el so hi arribi a les nostres orelles hi ha de haver un medi i el so viatja per aquest medi	Es transmet a través de les ones i del medi	El medi torna a ser l'aire i té amplitud	No	No	No	No	Si	Si	No	No
A25	PRE	Es un ocell cantant i feliç per el seu soroll l'escolta	El so de un altaveu de un tren	Una persona cridan el altaveu	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	Es un ocell cantant	Es un tren avisant que està prop del lloc	-	Si	No	No	No	No	No	No	No
A26	PRE	Un so molt agut son sons d'ocells	Es un so greu es de tren i puja i baixa quan toca la bosina	Es un so que comença flux i després augmenta fa que algú crida	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Son ocells que estan callats i comencen a cantar. Son molt aguts	Es un so que va variant a principi esta greu i baixa torna a pujar ràpid	Es un so que casi no s'escolta i després algú fa un crit i després es torna a callar. Es nul i després agut.	Si	Si	No	No	No	No	No	No
A27	PRE	Per mi el so es com un vent que et arriba a les orelles. En el que he fet el so m'arriba des de una llarga distancia	es el mateix so del anterior	Es un so gracios molt baix	No	No	Si	No	No	No	No	No
	POST	On estic assegut el so m'arriba normal	Ho escolto mes o menys flux	-	No	Si	No	No	No	No	No	No
A28	PRE	Unes ones sonores xoquen contra les parets i arriben fins a tu. Ocells	Unes ones sonores xoquen contra les parets i arriben fins a tu. Tren	Les ones sonores reboten contra la paret (en cas d'una classe) així arribant a tots els llocs	Si	No	No	No	No	Si	No	No
	POST	L'altaveu vibra i això provoca que unes partícules reboten entre elles i arriben a les nostres orelles	L'altaveu vibra i es mou per l'aire fins arribar a les nostres orelles	L'altaveu emet vibració i aquesta vibració es mou per l'aire i arriba a les nostres orelles	No	No	No	No	Si	No	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

A29	PRE	Aquest so és el so d'uns ocells que estan parlant en el seu idioma. Jo crec que aquest so ens arriba a les orelles, perquè les nostres orelles permeten aquest so	Aquest so és el so d'un tren. Jo crec que ens arriba a les orelles, perquè no és un so molt molt fort. Oisigui és un so moderat a les nostres orelles	Aquest so sembla el de una persona cridant per alguna cosa. Jo crec que l'escoltem, perquè és un so que està moderat a les nostres orelles	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
	POST	Aquest so es un so tranquil per tant la freqüència es aguda. Les partícules estan molt juntes pero no molt	Aquest so es fort per tant la seva freqüència es greu. Les partícules estan juntes pero no molt, oisigui estan bastant juntes	Aquest so es molt fort per tan la freqüència es greu. Les partícules estan molt separades. Hi ha menys	No	Si	No	Si	No	No	No	No
A30	PRE	El altaveu emet unes vibracions, es formen ondes d'un tamany determinat al qual arriben a les orelles xocant amb el timpa, emeten una vibració que fa que captem el so	El tren al tocar amb les rodes de les vies es emeten vibracions que es converteixen en ondes i la buzina treu tant d'aire que xoquen en el tub fent vibracions que emeten aquest so	Les ondes vocals emeten una vibració fent es formin ondes les quals emeteixen un so al xocar amb el timpa	Si	No	Si	No	No	Si	No	No
	POST	L'ocell emet un soroll amb les cordes vocals que ens envia ondes longitudinals de alta freqüència a la nostra oïda	El so que emet el tren d'una bozina que fa que envii ones per l'aire movent les molècules	Longitudinal, freqüència alta, agut	Si	No	No	Si	Si	Si	No	No
A31	PRE	Es el so s'un ocell que esta cantant i estan gravan la seva veu	Es un tren que esta passant i s'escolta molt fort	Es una persona que comença a cridar i cada cop s'escolta més fort	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Ona mecànica i longitudinal. Era un so amb amplitud normal. Freqüència agut	Ona mecànica i longitudinal. Tenia una amplitud variada però era molt més forta. Freqüència greu	Tenia una amplitud normal i una mica forta. Freqüència greu. Ona mecànica ona longitudinal	No	No	No	Si	Si	Si	No	No
A32	PRE	La voz de los pajaros como son agudos pues se escuchan mas fuertes i ajudos, son pajaros hablando	Aquí el so s'escolta molt fort com greu. És un tren que va molt rapid	Es un so doloros quan es cau de un caball	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	El so m'arriba molt agut i com més fort i com sigui soroll	Aquí el so es mes greu pero no diguem com sorolls i que molesta	Aquí el so es com diguesim a l'altre com més sorolls i agut	No	Si	No	No	No	No	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

A33	PRE	Dos ocells que estan cantant	Un tren que està passant per les vies de tren i està trucant el semafuro para que no passi ningú	Una yama que esta cridant porque hi ha una nena petita	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	El so es fort i greu, té vibracions, es alta. Algunes vegades es fa mes alt i altres mes fluix el so	El so es fort i agut, es alt, te vibracions. Es molt fort i algunes vegades es més una mica fluix	Es molt greu, es mes fort es molt alt te vibracions	No	Si	No	No	No	No	No	No
A34	PRE	Es un ocell cridant el so de l'altaveu traspasa el so fins arribar a l'orella	El tren toca el xiulet i això es traspasa al l'altaveu i després a l'orella	El crit pasa a l'altaveu i després a l'orella	Si	No	Si	No	No	No	No	No
	POST	Quan el ocell chiula el altaveu o capta i o transmet amb unes ones mecàniques fins arribar a les orelles	Quan pasa el tren el so es transmet en el altaveu i traspasa amb ones el so, en ones mecàniques ens arriba a l'orella	Quan fa el crit el so es transmet al altaveu, i això fa que el passi en ones fins arribar a l'orella. En ones mecàniques	Si	No	No	No	Si	Si	No	No
A35	PRE	Jo crec que entre a l'orella i el altaveu hi ha com una cosa que es mou cap abaix i cap a dalt	Jo crec que aquest so del altre es mou més fort. Jo he dibuixat un altaveu i la orella en mig fa com hilo muy alto es que el tren va muy bajo, alto, bajo alto todo el rato asi	Jo crec que aquest crit es molt fort. I e dibuixat com dos altaveus en el comienzo estava molt tranquil i al acabar el crit a la dreta es pot veure el començo esquerra el crit	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Aquest so és molt i molt tranquil i no es molt inmode	El so no para i no baixa com el altra so es mes fort aquest que el altre	Aquest es com montañas molt grans	No	Si	No	No	No	No	No	No
A36	PRE	Un so de ocells cantant que envia normalment en les meves orelles	Es un tren a mediana velocitat. S'escolta fort perquè les vies estan velles	Es una persona que a perdut al seu cavall i per això grita	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Desde l'altaveu es fa una ona longitudinal cap a les meva oïda	L'altaveu emet una ona transversal cap a la meva oïda	L'altaveu emet una ona transversal cap la meva oïda	No	No	No	No	Si	No	No	No
A37	PRE	El cants dels ocells fa que nosaltres l'escoltem y que arribin a les nostres orelles	El tren pita i fa que nosaltres l'escoltem per ones sonores i el so es molt agut	Esta en una montaña rusa i puja en una muntanya i es posa a gritar i de repent s'escolta uns caps molts forts	Si	Si	No	No	No	Si	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

	POST	El so ve d'un ocell el so es agut	Es un soroll greu el seu soroll es bastant fort	es un soroll greu i s'escolta a un home gritant bastant fort	Si	Si	No	No	No	No	No	No
A38	PRE	Es com una onada que arriba a totes les orelles	Arriva amb molta força i amb onades	Es un so molt fort i venen amb onades	No	Si	No	No	No	Si	No	No
	POST	Un so molt agut avegades fort i a vegades s'escolta fluix	Un so molt fort i molt seguit	Primer hi ha silenci pero als 2-3 segons es un crit molt fort	No	Si	No	No	No	No	No	No
A39	PRE	Es un so de un ocell porque chiula. Es so arriba a la nostra orella a traves les ondes sonores que capten la veu	Es el so de un tren porque s'escolten les vies. Es so arriba a la nostra orella a traves les ondes sonores	Es el so del vent d'una persona cridant. Es so arriba a la nostra orella a traves les ondes sonores	Si	Si	No	No	No	Si	No	No
	POST	Te un so d'ocell i quan xiula el so es mes alt ja que s'esta transmetin energia a través del medi (gas l'aire). Es so es trasment a través de la ona longitudinal	Te una intensitat alta ja que hi ha medi (aire) i transmet energeria. El so es transmet a través de la ona longitudinal	El so es d'un crit i com hi ha medi les particules vibren i el so es transmet a través de les ones com longitudinal	Si	No	No	No	Si	Si	No	No
A40	PRE	De l'ordinador passa a l'altaveu i expandeix i això fa que l'escoltem	Yo crec que el so es agut i del ordinador pasa fins l'altaveu i a nosaltres	Yo crec que el so es mulest i prove d'una cabra i passa de l'ordinador a l'altaveu i a nosaltres	No	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Quan fa a reproduir viatge per uns cables al altavoz. I nosaltres podem escoltar per l'aire que es un medi i per una vibració de la matèria	Li dona a reproduir pasa per les cables al altaveu i les escoltem porque hi ha un medi que es el aire i per una vibració de la matèria	El so passa per uns cables fins que arriba al altaveu i l'escoltem per el aire que es un medi i per una vibració de la matèria	No	No	No	No	Si	No	No	No
A41	PRE	Es sent uns ocells cantar. El so és agut	Es sent el claxon d'un tren	Es sent una persona ceidant	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	Es un so agut. Es el cant d'un ocell. El so te diferents pauses com que es agut te una freqüència alta	Es un so greu. El so es greu i te una freqüència baixa	So agut té una baixa freqüència	No	No	No	Si	No	No	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

A42	PRE	És el so d'uns ocells que crec que s'estan comunicant i un te la veu més greu i l'altre més suau	Es el so d'un tren que esta en marxa en una via i va sonant el claxon i que cada vegada va més rapid i després para	es el so de algu que esta corrents i al final es cau i comença a cirdar com un boig	Si	Si	No	No	No	No	No	No
	POST	El so es d'un ocell. El podem escoltar gràcies a la freqüència i es una ona mecanica i fa una mica d'eco	Es el so d'un tren. Hi ha interacció, té ultrasons, es una ona mecànica i necessita medi	Es el so d'un crit no hi ha eco, el so rebotar n'hi ha freqüència	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	No
A43	PRE	So irregular, sembla d'un ocell. Crec que ens arriba a través d'ones o "linies" de so (com al dibuix) que canvien segons el volum (intensitat) del so que escoltem	So constant, amb el claxon de tren entre mij. Crec que aquest so arriba a través d'ones que escoltem més altres o mes baixes segons el volum/intensitat del so	So que sembla tranquil pero te un canvi brusc cap al final. Crec que ens arriba com en una linia de so que de cop té un canvi que les nostres orelles perceven	Si	Si	No	No	No	Si	No	No
	POST	El so viatja a través del medi (partícules). Aquestes vibren i fan que ens arribi les ones longitudinals transporta el so. Te diferents canvis d'amplitud, es agut això vol dir que té la freqüència mes alta de la meitat es audible	Les ones fan vibrar les partícules del medi, és un so fort (+ que el de la merla). Sempre son ones longitudinals. Es greu té una freqüència baixa i és audible	La amplitud augmenta quan crida i també la freqüència ja que és agut. Es so es transmet quan les partícules del medi vibren	No	No	No	Si	Si	Si	No	No
A44	PRE	Doncs el que escolto són uns ocells cantant i amb la meua imatge penso que estan en un arbre i segon sigui mes gran canta més fort i si es petit canta més fluix. El so sembla onada tranquila de veu	El so no es semblant al anterior porque aquest es més fort i més bé son com vibra molt fortes. I segon el "pit" doncs va més fort i més vibra	Primer el so és tranquil però cada vegada més fort i després es va alfuixant. Més be podriem dir que primer venen unes onades tranquiles i entre mig unes vibren i després tornen les onades	Si	Si	No	No	No	Si	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

	POST	Doncs jo penso que l'amplitud va pujant i baixant cada vegada es més fort o més fluix. La freqüència no es tan ràpida perquè no escolto tantes ones a la vegada	L'amplitud i la freqüència és molt elevada perquè el so no afluixa i es nota que hi han moltes ones per segon	L'amplitud es elevada perquè abans del crit hi ha vent i sembla com eco com que rebota i quan comença el crit si que la freqüència comença fent moltes ones per segon	No	No	No	Si	No	No	Si	No
A45	PRE	Com que el so va en direcció a mi passa que l'escolto alt i clar	Els altaveus fa ones que no podem veure però si escoltar-ho	Les ones revoten per les parets fins arribar a l'orella	No	Si	No	No	No	Si	No	No
	POST	Un ocell que fa "piu piu" que fa música. El ocell feia molta intensitat, agut i fort. Ona transversal	Un tren que feia soroll les rodes 2 o 3 vegades i també el claxon. Caxon: greu i fort, rodes: greu i fort	Hi havia molta intensitat	Si	Si	No	No	No	Si	No	No
A46	PRE	Com que l'ocell està silvant les vibracions arriben a la nostra oïda	El conductor del tren està passant i les vibracions del so arriben a les nostres orelles	La muntanya russa produeix una vibració que arriba a les nostres orelles	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
	POST	L'ocell està piulant i gràcies a les seves ones podem arribar a la nostra oïda i es quan ho escoltem	Gràcies a les ones podem escoltar el soroll del tren però es una mica malament perquè s'escolta molt fort	S'escolta com una persona crida i gràcies a les ones arriba el so a les nostres orelles i ho podem escoltar	Si	Si	No	No	No	Si	No	No
A48	PRE	Jo crec que això passa per una matèria que està en l'aire o potser per l'altra cosa que son els altavoses i no se pot ser	Jo crec que so es de un tren que va molt ràpid i pot ser que arriben a la nostra oïda per el volum esta molt fort i l'aire	Jo crec que el so es d'una dona que le esta seguien un animal , el jabali esta assustada i esta gritant molt. El so i pot ser que arribi	Si	Si	No	No	Si	No	No	No
	POST	Doncs jo crec que el so arriba per medi potser que el so rebota amb els objectes que hi han a classe (persones) o pot ser perquè el so es transmet	Jo crec que aquest so ens arriba per la freqüència també el so es molt greu o per la velocitat	En aquest so crec que ens arriba per intracció osigui que el so disminueix o per l'altra part pot ser per l'eco el so rebota	No	No	No	No	No	No	Si	No
A49	PRE	Ocells cantant de manera constant	Locomotora pitant	Cabra gritant	Si	No	No	No	No	No	No	No
	POST	Poc so i molt so constant	So alt constant amb petites diferencies	Un crit de molt so	Si	No	No	No	No	No	No	No

ANÀLISI DE LES PROGRESSIONS D'APRENTATGE DEL MODEL SO EN BASE LES DESCRIPCIONS DE L'ALUMNAT

A50	PRE	Com que l'ocell esta silvant doncs arriba a les nostres orelles per ones sonores	El conductor del tren està pitant mentres que arriba a la parada i nosaltres escoltem això	Són persones gritant es una muntanya russa	Si	No	No	No	No	No	Si	No	No
	POST	L'ocell està xiulant i nosaltres l'escoltem perquè està en uns dB que l'escoltem	El tren està pitant mentres arriba a la parada i s'escolta com va passant per les vies del tren mentres pita	Un animal està cridant i el so és molt agut i ho podem escoltar	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No
A51	PRE	Jo escolto ocells en arbres i me imaginu que un noi esta tocant la flauta i els cantan amb ell	Jo escoltu un ten passen rapid i fen claxon, com que ocurr alguna cosa	Doncs que un noi esta en una firra parc de atracions i es cau, es fa molt mal i crida	Si	No	No	No	No	No	No	No	No
	POST	Doncs que cada ocell te al seu so, un agut i altre com més fin.	Un tren passen rapid i pitant, osigui que dona una senyal per a que escoltin que passa el tren	Doncs que esta en una fira i es monta en una atracció i es cau surt volant	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No
A52	PRE	Jo crec que aquest so a mesura de que surt de l'altaveu, va retombant amb les parets i va a parar amb nosaltres. La seva forma podria dir que es ondes o també pot anar directament a les nostres orelles	Aquest so es mes fort, exagerat i no com el anterior que era més tranquil i era mes facil de poder escoltar-lo. A mi m'arriba fort tant com si esitgues aprop	Aquest so ho escolto amb so mes fins. A mi m'arriba no tan exagerat com el anterior però si més "heavy" que el primer	No	Si	No	No	No	Si	No	No	No
		Per a que arribi així el so hi ha mes espai entre les ones hi ha particules però no moltes, també te a veure la freqüència perquè es aguda	Aquí les ones van mes juntes i amb més partícules perquè així passa millor el so, la freqüència d'aquest es greu gràcies al espectre audible ho podem escoltar perquè esta entre 20-400Hz.	Aquesta en canvi té les ones més separades i amb menys partícules perquè no s'escolta molt. La seva freqüència esta entre l'agut i el greu.	No	No	No	Si	Si	Si	No	NO	NO